

Tema: Sustentabilidade

EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS COMPOSTAS POR SISTEMAS CONSTRUTIVOS MODULARES EM AÇO – UTILIZAÇÃO DE CONTAINERS PARA CONSTRUÇÃO DE PÓLOS EDUCACIONAIS UNIVERSITÁRIOS

Vanessa da Silva de Azevedo¹

Ronald Alves da Costa²

Romulo Campos Rocha³

Resumo

A pesquisa sobre a viabilidade da utilização de containers como alternativa de unidade habitacional destinada a pólos educacionais universitários, integra conhecimentos interdisciplinares na resolução de uma situação problema real relacionada ao universo da construção civil. Demonstra-se preocupação com relação a necessidade de viabilizar projetos executivos com qualidade em termos de habitabilidade e de velocidade em termos de prazo de execução de obra, beneficiando assim, diretamente os empreendedores a termos de custo e usuários a termos de uma edificação sustentável. Deste modo, os conhecimentos de construção civil associados ao compromisso socioambiental se fazem necessários. O desenvolvimento deste tipo de pesquisa remete a um produto final de qualidade em termos de habitabilidade e de velocidade em termos de prazo de execução, pois considera o processo construtivo como modular. Oferece ainda um comparativo com empreendimentos já realizados no país e internacionalmente, demonstrando que o comprometimento com a realização do projeto executivo é determinante para o sucesso do empreendimento. Percebe-se inicialmente a possibilidade de executar um projeto simples, rápido e de custo relativamente viável, aliado à preocupação ambiental: a reutilização de containers como alternativa de unidades habitacional voltadas à aplicabilidade como pólos educacionais universitários.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Containers; Estruturas Metálicas; Modulação.

SUSTAINABLE BUILDING COMPOUND FOR CONSTRUCTIVE SYSTEMS MODULAR STEEL - CONTAINERS OF USE FOR POLE CONSTRUCTION EDUCATIONAL COLLEGE

Abstract

Research on the feasibility of using containers as an alternative housing unit for university educational centers, integrates interdisciplinary knowledge in solving a real problem situation related to the world of construction. It is shown concern regarding the need to make business projects with quality in terms of habitability and speed in terms of time of work execution, thus benefiting directly the entrepreneurs terms of cost and users the terms of a sustainable building. Thus, the construction of knowledge related to social and environmental commitment are needed. The development of this type of research refers to a quality product

* Contribuição técnica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

in terms of habitability and speed in terms of execution time, because it considers the construction process as modular. It also provides a comparison with projects already carried out in the country and internationally, demonstrating the commitment to the realization of the executive project is crucial to the success of the enterprise. It is noticed initially the possibility to perform a simple, fast and relatively affordable cost design coupled with environmental concerns the reuse of containers as an alternative housing units focused on applicability as university educational centers.

Keywords: Sustainability; Containers ; Metallic Structures; Modulation.

¹Engenharia Civil, Mestre, Coordenador/Professor, Curso Engenharia Civil, Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, Brasil.

²Engenharia Civil, Graduando, Aluno, Curso Engenharia Civil, Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, Brasil.

³Engenharia Civil, Graduando, Aluno, Curso Engenharia Civil, Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

Busca-se na atualidade desenvolver projetos inovadores no que concerne aos conceitos de viabilidade e sustentabilidade, projetando minimização das perdas no processo construtivo e consequentemente redução no custo total do empreendimento. Percebe-se esse cenário quando a abordagem da construção sustentável se torna cada vez mais latente e observa-se uma crescente preocupação quanto às questões construtivas elementares.

Verifica-se uma massificação do processo construtivo com concreto armado e alvenaria e tímidos investimentos no processo construtivo com estruturas metálicas e estruturas mistas. Boa parte desta realidade se sustenta devido à falta de especialização da mão-de-obra, que desconhece o processo construtivo com aço e por uma questão cultural, que abrande a ideia da praticidade em se construir em concreto armado, o que não corresponde à realidade.

À margem deste cenário, empreendimentos sustentáveis vêm sendo desenvolvidos, de modo que o choque entre os paradigmas entre os processos construtivos contribua para o crescimento da indústria da construção civil. Para tanto, pequenas adaptações em empreendimentos de uso comum, como casas populares e pequenas escolas, vêm sendo observados. Uma destas adaptações pode ser vista com frequência na indústria da construção civil, como forma sustentável de construção e tem se tornado realidade: a reutilização de containers como unidades habitacionais.

1.1 Apresentação do Trabalho

De acordo com Tavares [1], as questões envolvendo sustentabilidade são cada vez mais relevantes, portanto, o principal agente agregado ao valor humano é o meio ambiente, dado que desenvolvimento sustentável é o que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades

Na arquitetura e engenharia a reciclagem de containers vêm conquistando espaço como habitação em vários países. Além do fator ambiental, possivelmente o usuário poderá usufruir de um espaço otimizado, com alto índice de estética e conforto. Deste modo, tem sido apontado atualmente que a eficiência na viabilidade de execução deste tipo de projeto tem contribuído para a diminuição da produção de resíduos na obra, o que é um aspecto positivo de grande impacto.

Por conseguinte, a reutilização, de forma sustentável de um bem que seria descartado, e ainda, a agilidade na execução de prazos de conclusão de uma obra, são condições indispensáveis no processo construtivo eficiente.

1.2 Objetivos

Para Fernandes [2] a habitação desempenha três diferentes funções: a função social, que compreende o abrigo da família, base para o seu desenvolvimento; a função ambiental, que trata da inserção no ambiente urbano com garantia da qualidade do espaço construído e a função econômica, que engloba as novas oportunidades de geração de emprego e renda, além da profissionalização. A ideia de se utilizar o container como unidade habitacional, corrobora com as definições de Fernandes [2], já que se trata de uma tecnologia alternativa para habitações, que fornecem abrigo, e de forma sustentável, pois aproveitam-se de containers descartados.

* Contribuição técnica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

Este estudo objetiva sistematizar as premissas que viabilizam o projeto executivo de um pólo educacional construído com containers, voltado para o atendimento a nível universitário. São explanadas as limitações impostas pela estrutura do equipamento, assim como as prerrogativas de execução para que a utilização do ambiente seja plena e de acordo com os conceitos de sustentabilidade.

1.3 Revisão da literatura

O avanço tecnológico inserido na evolução da engenharia civil como uma indústria de construção permitiu que os conceitos de multidisciplinaridade e interdisciplinaridade se enraizassem de modo mais consistente nas técnicas construtivas.

Ao se estabelecer a construção civil como uma indústria, agregou-se à mesma os conceitos de produtividade inerentes ao processo fabril, com a preocupação de adaptarem-se os conceitos de uma filosofia que estabelece parâmetros rigorosos quanto à otimização do tempo e redução do desperdício em simultaneidade.

Desta forma, todas as práticas desenvolvidas para o processo industrial passaram a ser observadas, analisadas e adaptadas para a construção civil, delineando um contorno singular que aponta diretamente para a renovação de toda a cadeia construtiva e conseqüentemente a modernização do processo.

1.3.1 A modulação no contexto da construção civil

O avanço tecnológico aplicado à indústria da construção civil agregou como uma de suas diretrizes a adaptação dos processos ao conceito Enxuto desenvolvido por Lauri Koskela em 1992, que estabelece parâmetros que visam diretamente a redução do desperdício aliado ao aumento da produtividade (JUNQUEIRA [3]). Um desses parâmetros é a modulação do processo construtivo.

De acordo com Azevedo [4], a ideia de modulação como estratégia aplicada ao processo construtivo não deve ser confundida como rigidez do processo. Para que esta ideia seja aplicada de modo eficaz se faz obrigatório o mapeamento da cadeia construtiva a fim de que a sequência de atividades a serem realizadas determine a modulação a ser empregada.

Dentre as diversas técnicas que empregam a modulação, podem ser citadas inúmeras adversidades inerentes ao processo executivo de cada uma, entretanto, o sucesso de aplicação de cada técnica depende do mapeamento das atividades que são intrínsecas a cada processo, que deve ser conhecido e explorado em sua plenitude, de modo que o insucesso não seja estigmatizado pela modulação.

A modulação em si, quando agregada ao conceito de otimização, permeia diversas áreas do conhecimento científico, integrando-as de modo qualitativo. Assim como a modulação aplicada à construção civil imprime os conceitos de otimização de tempo e custo, os mesmos conceitos se aplicam ao transporte de cargas, por exemplo. Uma questão muito simples associada à logística de movimentação de cargas motivou uma revolução no sistema mundial de seu transporte.

1.3.2 A modulação no contexto do transporte de cargas

Se nos primórdios da navegação marítima, toda mercadoria já era transportada em tonéis, por ser esta uma embalagem resistente e de fácil manuseio, que dinamizava as operações de

* Contribuição tecnológica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

embarque e desembarque, pode-se dizer que este era um sistema uniforme de embalagem. Entretanto, a uniformidade volumétrica era dissociada da capacidade de carga da embalagem em si (MENDES [5]).

Com o advento da industrialização e conseqüente produção de várias mercadorias manufaturadas, de dimensões diversas, o processo de embalagem em tonel tornou-se inviável em algumas circunstâncias. A diversificação de embalagem e as dificuldades associadas ao transporte de volumes tão diferenciados tornaram latente a necessidade de se adotar uma unidade padrão internacional de medida. Adotando como estratégia a padronização do transporte massivo de cargas terrestre e marítimo, e a conseqüente padronização dos sistemas menores de transporte, seria possível adotar uma embalagem de volume reduzido, porém suficientemente estruturada.

Ainda que esta ideia tenha sido formulada e divulgada a partir de 1901 com o tratado do inglês James Anderson sobre a possibilidade do emprego de "receptáculos" uniformes no transporte internacional, somente em 1950 começaram a se ditar normas para essa padronização como uma resposta das diversas nações do mundo que se conscientizaram dessa necessidade (MENDES [5]).

Tendo a proporcão de debate em âmbito internacional e após muitas sugestões, apenas uma premissa ficou definida: a proposta "embalagem" deveria ser metálica, suficientemente forte para resistir ao uso constante, e de dimensões modulares, embora essa modulação não tenha ficado claramente definida.

Em 1955, após o exército norte-americano desenvolver a sua embalagem, chamada de Conex, (Container Express Service) nas medidas 6x6x8 pés, a Sea Land Service, fundada por Malcom McLean estabelece as seguintes dimensões para sua embalagem em particular: 35x8x8 ½ pés, ou container, como ficou conhecida (KEEDI [6]).

Não sendo definida de maneira uniforme, as dimensões da embalagem, por questões de atendimento aos interesses econômicos individuais, foram estabelecidas duas vertentes normativas: na Europa a International Standards Organization (ISO) e nos Estados Unidos a American Standards Association (ASA).

Apesar de muitas ressalvas e controvérsias, no ano de 1968 a padronização da embalagem metálica passou a obedecer mundialmente aos padrões, as especificações e dimensões propostas pela ISO 1987 (MENDES [5]). A normatização específica às dimensões da embalagem metálica estabeleceu uma unidade de carga independente conhecida como TEU (Twenty feet Equivalent Unit) com dimensões padrão em medidas inglesas (pés), ou seja, Unidade Equivalente de Medida de Vinte Pés. Sendo assim, uma unidade padrão de 1TEU equivale a um container de dimensões de 20x8x8 pés (WIKIPEDIA [7]). Este tipo de container é conhecido como Container *Dry*.



Figura 1: Container 20 pés, 1TEU.
Fonte: Soluções Industriais [8].

* Contribuição tecnológica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

O sistema proposto pela ISO é modular, ou seja, os containers formam unidades que se encaixam perfeitamente, ocupando os espaços de forma racional, tanto para transporte como para armazenagem. As dimensões altura (8 pés) e largura (8 pés) são sempre invariáveis (embora haja padronização para os containers extra-altos, com altura de 8 ½ pés, chamados de *High Cube*, HC), variando o comprimento, dependendo do módulo (Figura 2).

Ainda que o container para os efeitos práticos tenha sido concebido como uma embalagem metálica, na realidade ele é considerado para todos os efeitos legais como equipamento do veículo transportador, portanto recebe uma série de vantagens e favores fiscais (LEI 6288:1975 [9]). Com o status de equipamento desvincula-se a ideia de embalagem e se estabelece sobre o container normas e diretrizes específicas.



Figura 2: Container 40 pés, 2TEU's.
Fonte: Containers Brasil [10].

Todo o esforço por padronizar as dimensões dos containers, remeteu à necessidade de estrutura-lo, de modo que o empilhamento das unidades para transporte marítimo fosse possível, assim como houve a necessidade de se definir pontos estruturais para sua movimentação tanto vazio como carregado.

Estima-se que é possível empilhar até oito unidades de containers carregados e até doze unidades de containers vazios. Seu sistema de trava permite que as unidades sejam acopladas verticalmente umas sobre as outras, formando um grande bloco modular, sem que as dimensões gerais das unidades sejam alteradas pela adição de dispositivos de trava externos. Tantas características peculiares traduzem a singularidade da modulação no transporte de cargas com containers, entretanto seguem de encontro à vida útil destes equipamentos. A vida útil de um container para o mercado náutico é de aproximadamente 8 anos e para fins de transporte marítimo esta vida útil é limitada a até 20 anos (BONAFÉ [11]).

Tendo em vista que a vida útil real dos containers é de 100 anos, aproximadamente, os containers tem uma vida ociosa que corresponde a 80% de sua durabilidade (RANGEL [12]). Tempo suficiente para se degradarem lentamente, estocados em portos espalhados por todo o mundo, causando um problema crônico de armazenamento, pois existem milhões dessas unidades.

Há um grande número de containers vazios espalhados ao redor do mundo, apenas ocupando espaço nos portos. Uma das razões para que isso aconteça são os altos custos de reenvio dos containers vazios de volta para sua origem, pois na maioria dos casos, se torna mais barato comprar novos containers. Isso resulta em um excedente de containers sem função.

Os containers podem ser reciclados ou destinados para uma melhor utilização, contudo, reciclar o aço de um container se torna inviável pelo tempo e energia usados para derreter o metal e transformá-lo em novas barras, por exemplo. Reutilizar o container após ser decretado

* Contribuição tecnológica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

o fim de sua vida útil para transporte ainda parece ser a alternativa mais viável para continuar explorando seu uso nos 80% de vida útil que ainda lhe restam.

Estabelecidas estas condições e havendo a possibilidade de modular o processo construtivo visando a otimização de tempo e custos, a interdisciplinaridade da modulação conjuga essas necessidades de modo harmonioso. Se por um lado a modulação do processo construtivo atrai a padronização estrutural, a modulação do transporte de cargas fornece material estrutural necessário para tal com o abono das questões de sustentabilidade, tão importantes no cenário mundial atual.

1.3.3 Modulação x Sustentabilidade

Mesmo que o conceito de sustentabilidade seja usado para definir ações e atividades humanas sustentáveis, em um modo redundante da expressão, esse conceito quando aplicado em relação à atuação humana frente ao meio ambiente em que vive, é plenamente compreendido, pois o contexto de sustentabilidade envolve a capacidade que um indivíduo, grupo de indivíduos ou empresas e aglomerados produtivos em geral; têm de manterem-se inseridos num determinado ambiente sem, contudo, impactar violentamente esse meio. Assim, pode-se entender a sustentabilidade como a capacidade de usar os recursos naturais do planeta e, de alguma forma, devolvê-los a este por meio de práticas ou técnicas desenvolvidas para este fim.

Quando se compreende as implicações deste conceito e se alia essa profundidade às necessidades que a modulação do processo construtivo busca para ser implantado de modo eficaz e às necessidades que a modulação do transporte de cargas em containers obriga, percebe-se um ciclo que pode ser complementado e ajustado dentro de suas particularidades. Por um lado, existe a necessidade de produzir um módulo estrutural em escala, para o qual devem ser adaptados projetos executivos estruturais. Por outro lado, existe a necessidade de se aproveitar um módulo estrutural produzido em escala cuja vida útil a que se destina é limitada, mas não o suficiente para seu completo descarte.

Neste cenário, a sustentabilidade equaliza as necessidades de ambos os lados, tornando viável o aproveitamento da maior parte deste material descartado, reinserindo-o economicamente como matéria-prima e diminuindo os impactos provocados ao meio ambiente (Figura 3).



Figura 3: Modulação x Sustentabilidade.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Lei 6.288 de 11 de dezembro de 1975, conhecida como Lei do Container, dispõe sobre a unitização, movimentação e transporte de mercadorias em unidades de cargas. Em seu Artigo 3º é estabelecido o seguinte:

“O container, para todos os efeitos legais, não constitui embalagem das mercadorias, sendo considerado sempre um equipamento ou acessório do veículo transportador.”

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A reutilização de containers com finalidades habitacionais remete a muitos questionamentos, que se iniciam na preocupação da contaminação do mesmo por agentes químicos intoxicantes, remetem à desconfiança quanto ao conforto térmico e acústico e seguem até a indagação da resistência estrutural do mesmo, sobre o quanto de esforços a estrutura ainda pode resistir, ou se as avarias ocorridas em sua vida útil não danificaram o equipamento de modo permanente.

É compreensível que hajam estas indagações por se tratar de um equipamento recondicionado e adaptado, no entanto, os cuidados pertinentes à otimização do container envolvem uma completa inspeção do mesmo em diversos níveis, de modo que a limpeza, desinfecção e inspeção estrutural sejam de fato um procedimento obrigatório quando da escolha individual de cada equipamento para o recondicionamento e conseqüente adaptação como módulo (Figura 4).



Figura 4: Inspeção do container.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma vez que o container tenha sido inspecionado, liberado para o recondicionamento e escolhido como módulo estrutural a ser adaptado, se faz necessário que seus principais pontos estruturais sejam reforçados de acordo com as premissas de projeto.

2.1 Componentes estruturais do container

Os componentes estruturais do container estão compreendidos em uma estrutura primária e uma estrutura secundária. A estrutura primária envolve elementos estruturais superiores, inferiores e laterais, além de transversinas que estruturam o piso do container, vigotas inferiores em seção caixão que permitem a movimentação do container com equipamentos de movimentação de carga e oito encaixes internacionalmente conhecidos como encaixe padrão, situados nos cantos da estrutura do container para fornecer meios de manuseio, empilhamento e conexão dos containers. (Figura 5).

* Contribuição tecnológica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

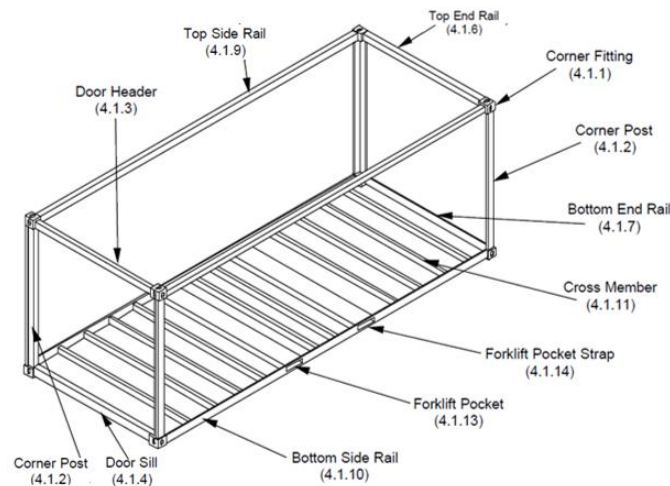


Figura 5: Estrutura primária do container.

Fonte: Residential Shipping Container Primer [13].

A estrutura secundária envolve as laterais, fundo, teto, piso e portas (Figura 6). Uma peculiaridade associada à estrutura dos containers é de que as laterais e o fundo têm uma função estrutural e colaboram com a rigidez do sistema, portanto, durante o processo de adaptação do container deve haver a preocupação em se estruturar os vãos formados pela retirada dessas partes. Outra peculiaridade faz referência ao fundo do container, que é confeccionado em madeira.

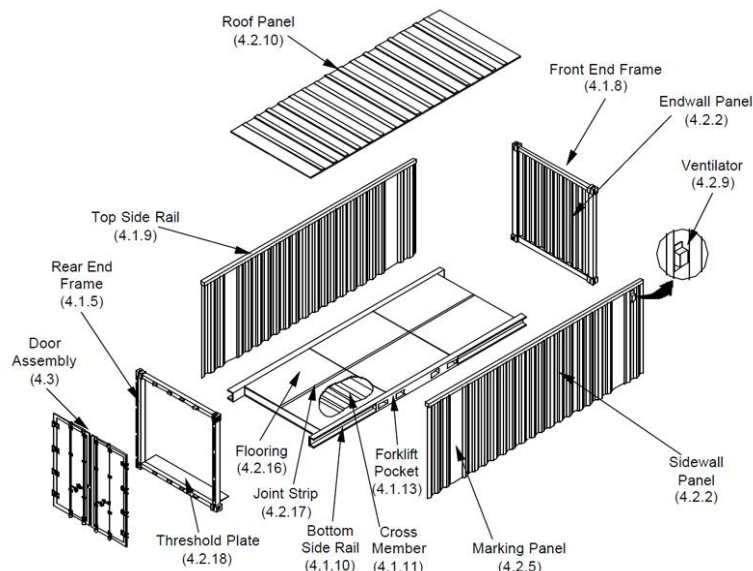


Figura 6: Estrutura secundária do container.

Fonte: Residential Shipping Container Primer [13].

2.2 Adaptações e integração do container como sistema estrutural

Ao cortar um container ou remover qualquer um dos painéis da estrutura secundária, é possível que a integridade estrutural seja comprometida, pois sem o reforço da estrutura

secundária ocorre uma deformação. Em casos extremos, como por exemplo a remoção de toda a lateral ao longo do comprimento de um lado, haverá a deformação e em sequência a falha estrutural (Figura 7).

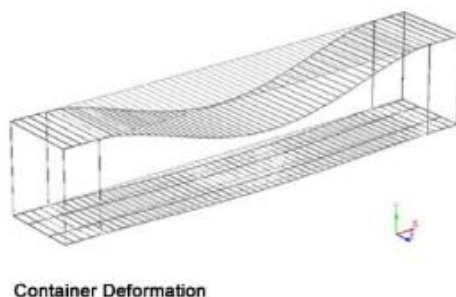


Figura 7: Estrutura secundária do container.
Fonte: Residential Shipping Container Primer [13].

Como regra geral, sempre que uma lateral for removida, deverá ser feito um reforço para enquadrar a abertura (Figura 8.a), assim como deverá ser mantida uma faixa mínima da lateral a fim de manter a estabilidade da lateral (Figura 8.b). Além disso, o enquadramento em adição à estruturação com colunas (Figura 8.c), colabora com o suporte do teto e a resistência às cargas de laterais de vento.

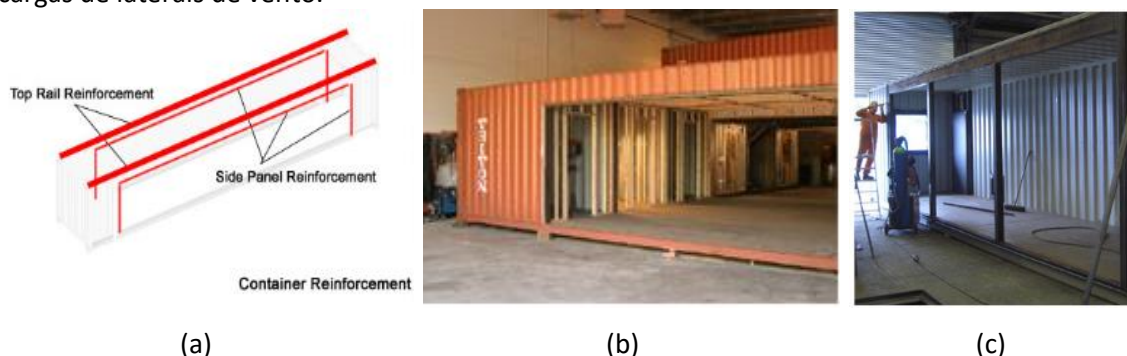


Figura 8.a, b e c: Estrutura secundária do container.
Fonte: (a), (b) e (c) Residential Shipping Container Primer [13].

O reforço pode ser feito em Light Steel Framing (LSF) ou em Metalon. A integração dos materiais deve ser feita com solda entre os elementos de reforço e a estrutura do container.

2.3 Junção de containers

Quando há necessidade de se unir dois ou mais containers, a interface entre os módulos deve ser feita de modo que estes se comportem como um grande bloco. Existem três tipos de interfaces: as verticais, executadas em paredes, as inferiores, executadas no fundo e as superiores, executadas no teto do container. As interfaces são feitas com o auxílio de placas metálicas.

As interfaces superiores são executadas com soldas horizontais e devem ser as primeiras a serem feitas, pois visam garantir um ponto de estabilidade de toda a estrutura do container. Uma placa de aço deve ser colocada sobre a união dos containers e soldada em cada lado em

cada um dos containers (Figura 9). A placa soldada em ambos os containers consolidará os módulos e tem função de auxiliar na estanqueidade. É importante que a consolidação dos containers seja realizada com completo nivelamento dos módulos, a fim de se evitar o empenamento.



Figura 9: Interface superior entre containers.

Fonte: Fossoux e Chevriot [14].

A interface entre a parte inferior de dois containers pode ser feita aproveitando-se dos encaixes padrão (Figura 10). Ainda que em alguns casos se utilize de uma chapa de madeira para unir os dois encaixes, recomenda-se utilizar uma chapa metálica que faça a integração dos dois módulos por meio de parafusos integrados aos encaixes padrão.

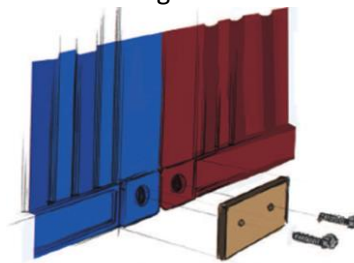


Figura 10: Interface inferior entre containers.

Fonte: Fossoux e Chevriot [14].

Quanto ao fundo e teto do container, quando empilhados estes mantêm uma relação singular. Enquanto o teto do container é formado apenas por uma chapa trapezoidal, assim como as laterais, não havendo transversinas de sustentação, pois o teto integra-se com as estruturas superiores primárias, o piso é formado por transversinas integradas as estruturas inferiores primárias.

O piso do container não é feito de chapa e é formado um vão entre a estrutura das transversinas e as estruturas inferiores primárias. Deste modo, ao empilhar-se duas unidades, forma-se um espaço entre as estruturas resistentes. Como o piso é feito de chapas de madeira, podem ser feitas adaptações no piso, que na maioria dos casos abriga instalações hidráulico-sanitárias, assim como instalações elétricas embutidas (Figura 11).



Figura 11: Isolamento térmico e acústico.

Fonte: Repartainer [15].

O piso também pode ser recoberto por revestimento vinílico, emborrachado, cerâmico ou laminado e em casos extremos pode receber uma camada de concreto leve estrutural em áreas úmidas, por exemplo, como no caso de banheiros (área molhada do chuveiro) e cozinhas.

2.4 Fechamento interno – Isolamento térmico e acústico

O isolamento térmico e acústico é indispensável pois, independentemente do método de construtivo utilizado, o tipo de isolamento térmico determinará a diferença no consumo de energia elétrica e o isolamento acústico determinará o conforto dentro do ambiente. Sendo assim, o principal objetivo do isolamento é garantir a menor perda de energia possível, tanto quanto garantir o conforto térmico dentro do ambiente (Figura 12).

Podem ser feitos dois tipos de isolamento térmico: o interno e o externo. O isolamento interno é utilizado quando se deseja manter as laterais e o fundo de metal original do container por uma questão estética ou econômica. É mais barato do que o isolamento externo e podem ser utilizados diversos materiais com capacidade isolante como a lã de rocha, lã de vidro, EPS e até mesmo a lã de pet que além de isolante térmico é um material reciclado.



Figura 12: Isolamento térmico e acústico.

Fonte: Melo [16].

O isolamento interno não permite que a energia seja levada do interior para o exterior do container e não garante o isolamento total do interior do ambiente, já que é possível que permaneçam algumas pontes térmicas. Além disso a área interna da casa será diminuída, visto que quanto mais espesso o isolamento mais será reduzido o espaço interior do container.

O isolamento externo pode se utilizar de vários materiais para este tipo de isolamento, que permite envolver completamente a casa e, portanto, não deixam espaço para ocorrência de uma perda de energia de energia maior. Entretanto, é mais caro e necessita de maiores cuidados.

No caso do container do tipo *dry*, por não possuir de fábrica nenhum isolamento térmico e acústico, a falta do revestimento interno para isolamento faz com que o container aqueça muito no verão e esfrie muito no inverno pela alta condutividade térmica do aço *corten*. Neste caso, o isolamento deve ser feito em todas as paredes do módulo e também na parte interna do teto, para garantir maior capacidade do isolante térmico.

No caso do container do tipo *reefer*, não é necessária aplicação de revestimento térmico, pois estes já os possuem de fábrica, visto que são utilizados para o transporte de cargas que devem ser resfriadas.

Uma solução que pode ser utilizada de modo concomitante com o isolamento interno é o isolamento do teto com a utilização de tintas reflexivas que atenuam o aquecimento do

* Contribuição tecnológica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

container, refletindo a luminosidade e amenizando o calor quando aplicadas no telhado do módulo. Há também a possibilidade da utilização de telhados verdes e mantas reflexivas (Figura 13), que contribuem de forma ecoeficiente para redução do calor.



Figura 13: Isolamento térmico e acústico. Telhado Verde.
Fonte: Jatobá [17].

2.5 Fundações

A própria estrutura do container já é reforçada nas extremidades, para que este tipo de equipamento possa ser movimentado por guindastes ou empilhadeiras, portanto, uma fundação típica que atende a necessidade de transferência de carga da estrutura do container para o solo é a fundação direta e superficial do tipo sapata ou bloco de concreto. Em composições estruturais de um único pavimento, por exemplo, o container pode ser apoiado em suas bases sobre um pilar curto de concreto armado, que serve de apoio do elemento estrutural vertical do container (Figura 14.a).



(a) (b)
Figura 14: Fundações utilizadas para o assentamento de containers.
Fonte: (a) Dazne [18]. (b) Residential Shipping Container Primer [13].

Outra opção seria apoiar a estrutura do container sobre um radier, quando o local onde será feito o assentamento já é plano (Figura 14.b). Para um projeto mais complexo, onde serão compostos mais pavimentos, é necessário que seja feito um estudo mais aprofundado do carregamento e do solo a fim de se decidir qual tipo de fundação deve ser usado.

Consolidar os containers com a fundação é uma das dificuldades técnicas encontradas na construção com container.

Comumente utilizam-se placas metálicas ancoradas nas fundações através de chumbadores, onde a chapa metálica permitirá a integração do container com a fundação por meio da solda das bases dos containers com a placas (Figura 15).

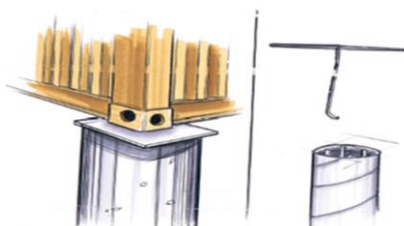


Figura 15: Integração do container com a fundação.
Fonte: Fossoux e Chevriot [14].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Enquanto a utilização de containers como módulos habitacionais dispõe da necessidade de elaboração de um projeto executivo personalizado, visto que o projeto atende a uma demanda específica, ou seja, um ambiente voltado à moradia, a utilização deste módulo em um ambiente estudantil facilita a distribuição modular de um modo mais simplista.

Internacionalmente, o uso de containers como módulos habitacionais é uma vertente bem sucedida. A complexidade da execução das áreas úmidas e a integração dos módulos quanto às áreas comuns são preocupações já esclarecidas e os exemplos de empreendimentos que se utilizaram deste tipo de tecnologia proporcionam um novo olhar sobre a utilização de containers com sua vida útil finalizada como moradia.

Em Londres, na Inglaterra (precisamente na região portuária de Docklands), se encontra a "Container City" ou Cidade do Container (Figura 16). Construída em 2001, em apenas 5 meses, marca a inovação do uso desta tecnologia como alternativa sustentável para revitalizar uma área degradada do ponto de vista arquitetônico e abandonado na esfera social.



Figura 16: Container City I.
Fonte: Portal Metálica [19].

Neste caso em específico, o custo de construção foi de menos da metade de uma construção tradicional. O sucesso do empreendimento foi tão expressivo que no ano seguinte foi dada uma continuação ao projeto e construída a *Container City II*.

No ano de 2006 foi concluída em Amsterdam a Keetwonen, maior vila de containers do mundo: 1.000 casas para estudantes feitas com contêineres modificados vindos da China (Figura 17). Viver em um container reutilizado era um conceito novo na Holanda, quando a ideia foi discutida, mas a cidade de Amsterdam deu um passo corajoso para seguir em frente e torná-lo realidade. Este projeto integrou um telhado para acomodar a drenagem de águas

* Contribuição tecnológica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

pluviais, enquanto proporciona a dispersão de calor e isolamento para os containers nos andares inferiores.



Figura 17: Keetwonem.
Fonte: Tempo Housing [20].

Em 2010 foi construído um alojamento para estudantes na cidade universitária de Le Havre, na França. Projetada para abrigar 100 apartamentos, teve o conforto como ponto principal do projeto (Figura 18).

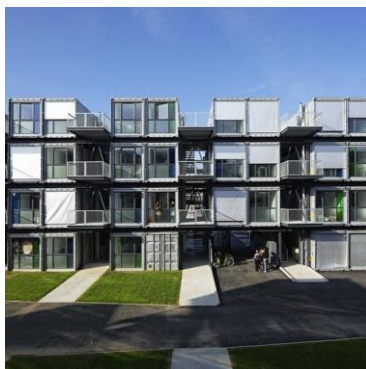


Figura 18: Alojamento em Le Havre.
Fonte: Gruenenberger [21].

A construção modular promovida como sistema de construção sustentável, exemplificada como vantagem econômica e associada com a ideia de que é um sistema de fácil reprodutibilidade, agrega uma extensão ao sistema construtivo de que a Gestão de Espaço Urbano é uma realidade a ser desdobrada em esferas de outra natureza social.

Os projetos de habitação já provaram que a ousadia da utilização de componentes industriais recuperados do descarte para sua exploração como soluções construtivas inovadoras é uma opção singular em termos de sustentabilidade e economia. Essa tecnologia modular permite que a construção tenha seu tempo e custos reduzidos significativamente em relação às construções tradicionais, além de contribuir muito mais com meio ambiente devido ao reaproveitamento do material e adaptabilidade a soluções sustentáveis no que tange à geração de energia e reaproveitamento e reuso de água.

Desta maneira, do mesmo modo que os containers podem ser reutilizados como módulos habitacionais, projeta-se sua utilização como módulos estudantis no que concerne ao seu aproveitamento como ambiente escolar.

Por ser um ambiente onde as adequações de áreas úmidas e áreas sociais são coletivas, grande parte do da estrutura é projetada para atender o conforto térmico e acústico esperado de um ambiente onde serão desenvolvidas atividades educacionais.

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

No Brasil, especificamente no estado de São Paulo, um projeto político foi desenvolvido entre 1997 e 2000 onde utilizaram-se containers como salas de aula na rede municipal de ensino. Estas escolas ficaram conhecidas como Escolas de Lata (Figura 19) e essa forma alternativa e de caráter emergencial não teve o desempenho esperado, uma vez que houveram reclamações constantes acerca do calor excessivo e da falta de compreensão ente os alunos e professores devido à péssima acústica das salas.



Figura 19: Escolas de Lata no Brasil.
Fonte: Portal G1 [22].

Estes problemas poderiam sequer ter existido se fosse utilizado um revestimento que exercesse uma proteção termo acústica. No caso das escolas de lata, não houve qualquer tipo de revestimento nas paredes dos containers, transformando as salas de aula em ambientes de altíssima temperatura no verão.

O fracasso do projeto e a conseqüente pressão para desativação das Escolas de Lata repercutiram de maneira muito ruim na construção civil e tornaram-se referência negativa deste projeto, embora muitas ainda funcionem.

Em contrapartida, em 2007, a Morpeth School (Londres, Inglaterra) em necessidade de expandir seu espaço, concretizou o projeto com a implantação de um anexo estudantil (Figura 20.a). Assim como a Dunraven School, também localizada em Londres, ergueu em apenas três dias um ginásio esportivo utilizando containers (Figura 20.b).



(a)



(b)

Figura X: Escolas de Lata na Inglaterra.
Fonte: (a) Container City [23]. (b) Woodman [24].

O sucesso do projeto depende da correta compatibilização do container às necessidades do ambiente. A integração dos projetos de instalações elétricas, hidráulico-sanitárias, de climatização, acústica e tantos outros envolvidos corrobora para que a implantação de um

projeto executivo desta natureza seja recebido de modo positivo e se mostre eficiente quando do uso diário em suas dependências.

A reutilização do container como módulo de uma unidade educacional por si só não é objeto de uma prática sustentável significativa. Todo o projeto deve ser integrado como uma construção sustentável e este modelo deve engajar a interdisciplinaridade dos projetos, uma vez que se visa a funcionalidade do projeto como um todo.

A funcionalidade do projeto como pólo universitário agrega ainda a conscientização dos usuários da estrutura, voltando-se para práticas que envolvam o convívio dos usuários com o ambiente e escalonem de modo progressivo o desenvolvimento energético autossuficiente da estrutura.

O desenvolvimento do modelo analítico estrutural baseado na resistência do container, de modo a verificar a estabilidade do conjunto na proposição arquitetônica escolhida e o desenvolvimento das alternativas do projeto arquitetônico sob as premissas de se edificar um complexo sustentável, englobam certamente a característica peculiar da construção modular de adaptar ambientes. Isto quer dizer que ambientes podem ser remodelados ou expandidos conforme se verificam as proposições do projeto.

O modelo inglês norteia ainda a ideia de que é possível manter um ambiente esportivo em meio ao ambiente de ensino, agregando valor de integração social à estrutura. Além disso, um exemplo itinerante africano remete à eficiência energética dos módulos. Chamada de *Solar Powered Internet School* esta escola móvel ecológica, recebe energia através de painéis fotovoltaicos colocados no teto, proporcionando às crianças de comunidades rurais na África do Sul uma forma moderna de aprender (Figura 21).



(a) (b)
Figura 21: Fundações utilizadas para o assentamento de containers.

Fonte: Viegas [25].

A ideia é facilitar o acesso à educação, e de forma sustentável, a crianças nascidas em lugares remotos e com condições de vida difíceis. A escola é simples e a energia solar a torna autossuficiente: pode gerar eletricidade durante nove horas por dia e está equipada com notebooks com internet, tablets, câmeras Wi-Fi e ainda a um sistema de refrigeração.

O patrocínio para o desenvolvimento destes projetos associados à educação remete a necessidade de se reduzir o desperdício no sistema construtivo agregando valores de sustentabilidade enraizados como base do projeto executivo.

Conceber o uso de containers como pólos educacionais sob a ótica da sustentabilidade envolve diretamente a matriz energética do projeto, uma vez que a associação à autossuficiência, em termos de consumo de energia, do complexo é uma premissa a ser considerada em proposições tais como:

* Contribuição tecnológica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

- O reuso de água da chuva nas instalações sanitárias as quais a legislação em vigor permitir, assim como utilização desta para regar a área verde de entorno;
- O uso de painéis solares como alternativa a diminuição do consumo de energia elétrica da distribuidora local;
- O uso de material de origem reciclável, tal como a lã de PET para servir de isolante térmico e acústico de modo que permita o conforto térmico interno da estrutura e dirimir os gastos com energia para fins climatizadores;
- Projeto urbanístico referente à vegetação do entorno, de modo a permitir a suavização do ambiente e a diminuição da temperatura externa da edificação.
- Uso de tintas reflexivas na pintura das fachadas externas, de modo a diminuir a absorção de calor pelas paredes da estrutura;
- O uso de telhados verdes, visando não só o conforto térmico do ambiente, mas convergindo o contato ambiental;
- Uso de clarabóias, de modo a aproveitar a luz natural, etc.

Existe ainda a preocupação de que projeto arquitetônico atenda as questões de acessibilidade a portadores de necessidades especiais, de modo que o complexo educacional agregue valores éticos e de cidadania, promovendo a inclusão social.

A execução deste tipo de projeto requer uma fase planejamento acentuada, entretanto, uma vez estabelecido o projeto, considerando-se a adaptação de uma “caixa metálica” e todas as variáveis que a envolvem, o tempo de execução é otimizado, as perdas minimizadas e o custo final reduzido de 20% a 30%. Atualmente, optar pela execução de um projeto em container pode variar de R\$ 1500,00 a R\$ 2000,00 por metro quadrado.

A partir dessas discussões serão feitas as devidas análises sobre o projeto executivo proposto, de modo que este possa ser modelado digitalmente e assim verificadas as normativas referentes à Certificação AQUA do projeto. A modelagem do projeto executivo contemplará identificação do projeto como marca de um pólo educacional universitário, de maneira que o apelo arquitetônico remeta ao senso de sustentabilidade e inclusão social.

4. CONCLUSÃO

A elaboração e execução de um projeto executivo de um pólo educacional envolve a ideia de um alto custo envolvido no processo. Por ser um projeto que envolve um padrão sistemático, que é a construção de salas de aula, percebe-se que a modulação é o processo mais eficiente a ser utilizado. Nesta linha de pensamento verifica-se a execução deste tipo de projeto com a utilização de elementos estruturais pré-fabricados de concreto ou de aço.

Em um cenário favorável à modulação e à utilização de elementos estruturais pré-fabricados, entende-se que a adaptação do projeto à utilização de containers descartados por tempo de vida útil econômica aborda diretamente às questões de sustentabilidade.

Ainda que os modelos europeus sejam exemplo de sucesso da aplicação desta técnica construtiva e haja a desconfiança por parte da necessidade de se ater ao conformo térmico e acústico, entende-se que assim como em qualquer projeto, todas as características associadas ao processo construtivo devem ser mapeadas e atendidas.

O custo final, o prazo de execução, o apelo arquitetônico e a sustentabilidade do projeto tornam atraentes esta técnica construtiva e conduzem a construção civil brasileira a repensar a

* Contribuição técnica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

utilização de containers fora da esfera habitacional popular, tornando os projetos de veio educacional mais próximos da sociedade desde sua concepção até sua utilização.

Agradecimentos

Agradecendo ao Engenheiro Arthur Ballai por aceitar o desafio de transformar sua Monografia em um exemplar trabalho sobre a reutilização de containers na construção civil e ao Programa de Iniciação Científica da Universidade Estácio de Sá por fomentar a pesquisa e incentivar a docentes e alunos a se tornarem cidadãos construtores de uma sociedade inclusiva e sustentável.

Agradecimentos à empresa All Container, que abriu suas portas para nos receber e por todo apoio que se dispôs a dar à nossa pesquisa de campo.

REFERÊNCIAS

1. TAVARES, H, C, G. **Inovação e desenvolvimento sustentável: uma abordagem da inovação desejável.** Disponível em http://planeamentoterritorial.blogspot.com.br/2010/01/inovacao-e-desenvolvimentosustentavel_25.html . Acesso em 02 julho 2015.
2. FERNANDES, M. **Agenda habitat para municípios.** Rio de Janeiro: IBAM, 2003. CRICIÚMA, Secretaria municipal de Desenvolvimento Social e Habitação. Plano Local de Habitação de Interesse Social. Pontual, 2012.
3. JUNQUEIRA, L.E. **Histórico da Lean Construction.** 2009. Disponível em <https://leanconstruction.wordpress.com/historico-lean-construction/>. Acesso em 30 de abril de 2016.
4. AZEVEDO, V.S. **Planejamento de Atividades da Construção Predial Visando a Redução de Perdas de Processo na Ótica da Construção Enxuta.** [Mestrado]. Rio de Janeiro. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2010.
5. MENDES, C.P. **Contêiner, container, contentor, contenedor...** 2007 Disponível em <http://www.novomilenio.inf.br/porto/conteinm.htm> . Acesso em 30 de abril de 2016.
6. KEEDI, S. **McLean e o Contêiner - a reinvenção da roda.** 2015. Disponível em http://www.dcomercio.com.br/categoria/opiniao/mclean_e_o_conteiner_a_reinvencao_da_roda . Acesso em 30 de abril de 2016.
7. WIKIPEDIA. **Unidade equivalente a 20 pés.** 2013. Disponível em https://pt.wikipedia.org/wiki/Unidade_equivalente_a_20_p%C3%A9s . Acesso em 30 de abril de 2016.
8. SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. Disponível em http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/conteineres_paletes_e_recipientes/aox-

* Contribuição tecnológica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

- [do-brasil/produtos/instalacoes-e-equipamentos-industriais/fabricante-de-container](#) .
Acesso em 27 de abril de 2016.
9. LEI 6288:1975. **Lei do Container.** Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L6288impressao.htm Acesso em 02 de maio de 2016.
 10. CONTAINERS BRASIL. Disponível em http://www.containersbrasil.com.br/site/index.asp?area=container&id_container=12 .
Acesso em 27 de abril de 2016.
 11. BONAFÉ, G. **Container é estrutura sustentável e econômica para construção civil.** Disponível em http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/container-e-estrutura-sustentavel-e-economica-para-construcao-civil_9793_0_1 .Acesso em 02 de maio de 2016.
 12. RANGEL, J. **Construção em contêiner: Vantagens e Desvantagens.** 2015. Disponível em <http://sustentarqui.com.br/dicas/construcao-em-conteiner/> .Acesso em 02 de maio de 2016.
 13. RESIDENTAIL SHIPPING CONTAINER PRIMER. **Shipping Container Structural Components and Terminology.** 2013. Disponível em <http://www.residentialshippingcontainerprimer.com/CONTAINER%20COMPONENTS%20AND%20TERMINOLOGY> . Acesso em 21 de fevereiro de 2016.
 14. FOSSOUX, E.; CHEVRIOT, S. **Construire sa maison container.** 2. ed. Paris: Eyrolles, 2013.
 15. REPARTAINER. **Quitinete em Contêiner de 20pés (6mt).** 2015. Disponível em <http://repartainer.blogspot.com.br/2015/09/quitinete-em-conteiner-de-20pes-6mt.html> .
Acesso em 05 de maio de 2016.
 16. MELO, P. **Projeto Container #4: Minha Casa Meu Container.** 2013. Disponível em <http://blogremobilia.com/2013/11/21/projeto-container-4-minha-casa-meu-container/> .
Acesso em 05 de maio de 2016.
 17. JATOBÁ, I. **Construções com Container.** Disponível em <http://www.universojatoba.com.br/sustentabilidade/consumo-consciente/construcoes-com-container> . Acesso em 05 de maio de 2016.
 18. DAZNE, A. **Vivienda con 2 contenedores de 40 pies.** 2011. Disponível em <http://blog.is-arquitectura.es/2011/06/27/vivienda-con-2-contenedores-de-40-pies/> . Acesso em 05 de maio de 2016.
 19. PORTAL METÁLICA. **Container City: um novo conceito em arquitetura sustentável.** Disponível em <http://wwwo.metallica.com.br/container-city-um-novo-conceito-em-arquitetura-sustentavel> . Acesso em 05 de maio de 2016.

20. TEMPO HOUSING. **Keetwonen (Amsterdam student housing)**. Disponível em <http://www.tempohousing.com/projects/keetwonen.html> . Acesso em 05 de maio de 2016.
21. GRUENENBERGER, V. **Logements du Crous : vivez dans un conteneur maritime**. 2016. Disponível em <http://www.cidj.com/logement-etudiant-le-plein-d-idees-originales/logements-du-crous-vivez-dans-un-conteneur-maritime-au-havre> . Acesso em 03 de maio de 2016.
22. PORTAL G1. **Crianças sofrem com calor em escola de lata na Grande São Paulo**. 2014. Disponível em <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2014/02/criancas-sofrem-com-calor-em-escola-de-lata-na-grande-sao-paulo.html>. Acesso em 03 de maio de 2016.
23. CONTAINER CITY. **Morphet Scholl**. Disponível em <http://www.containercity.com/projects/morpeth-school>. Acesso em 03 de maio de 2016.
24. WOODMAN, E. **Scabal's sports hall for Dunraven secondary school in Streatham, London**. 2009. Disponível em <http://www.building.co.uk/scabal%E2%80%99s-sports-hall-for-dunraven-secondary-school-in-streatham-london/3142518.article> . Acesso em 03 de maio de 2016.
25. VIEGAS, E. **Container vira escola movida a energia solar e muda a realidade de jovens**. Disponível em <http://www.hypeness.com.br/2013/09/samsung-cria-escola-com-internet-e-energia-solar-em-container-na-africa-do-sul/> . Acesso em 05 de maio de 2016.